UTILIZACIÓN DEL R 134a EN SISTEMAS HERMÉTICOS DE REFRIGERACIÓN LBP

1 - INTRODUCCION

La destrucción de la capa de ozono por los clorofluorcarbonos (CFC's), entre los cuales están el CFC 11, el CFC 12 y el CFC 13 y su efecto de importancia vital sobre el ecosistema de la Tierra, fueron los principales motivos para la subscripción del Protocolo de Montreal en 1987, el cual regulamenta la producción y el consumo mundiales de estas substancias. La pregunta que debe ser respondida está basada en la alternativa a ser escogida en cuanto a la disponibilidad futura de los CFC's, principalmente del CFC 12.

Una de estas alternativas, especialmente en la refrigeración doméstica es el refrigerante alternativo R 134a que fue escogido por no dañar la capa de ozono, además de presentar propiedades fisicoquímicas muy semejantes al CFC 12.

Como parte de nuestra concepción de la atención a los clientes, en este período de cambio, hemos preparado el presente informe técnico, en el ánimo de que sirva de orientación para superar las dificultades que puedan presentarse con motivo de la introducción del R 134a en los sistemas de refrigeración nuevos.

Debe tenerse en cuenta que las recomendaciones contenidas en este informe tienen el objetivo de complementar cualquier medida tomada por el fabricante y no implican cualquier tipo de responsabilidad de nuestra parte, en cuanto a su eficiencia y aplicabilidad a cada situación en particular.

2 - EL REFRIGERANTE R 134a

Debido a sus características ecológicas, i.e. la ausencia de cloro (agente destructor del ozono) y al hecho de que presenta propiedades físicas y termodinámicas relativamente semejantes a las del refrigerante R 12, el R 134a es una de las opciones actuales para sustituir al R 12.

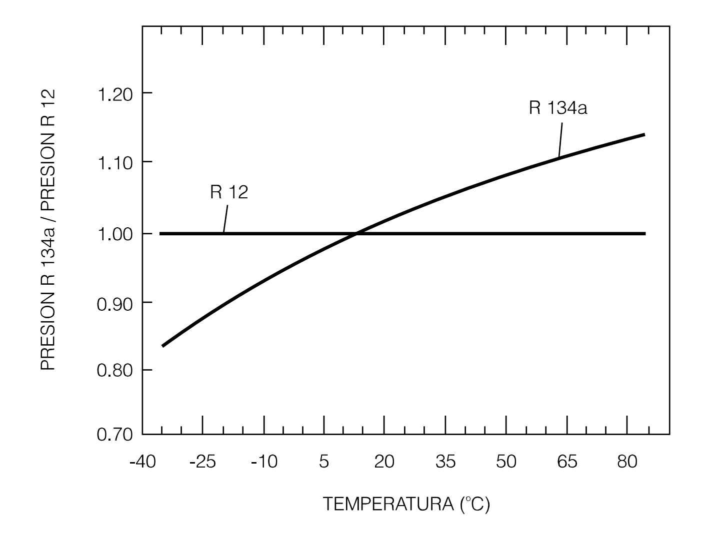


Fig. 1 - Comportamiento de la presión del R 134a en relación al R 12, en función de la temperatura.

Conforme se puede observar en la figura 1, el R 134a presenta mayores presiones en altas temperaturas, y menores em bajas temperaturas, en comparación al R 12. Ambos presentan la misma presión en alrededor de 20°C.

Con objeto de observar el impacto de la sustitución del R 12 por el R 134a, son presentadas en la tabla 1, las características del funcionamiento del compresor modelo EM 55NP 220-240V/50Hz en calorímetro, operando con los dos refrigerantes y del modelo EM 60HNP 220-240V/50Hz, unicamente con R 134a.

COMPRESOR		EM 55 NP	EM 55 NP	EM 60 HNP
Volumen Desplazado	cm^3	4.99	4.99	5.54
REFRIGERANTE		R 12	R 134a	R 134a
A - Presión Evaporación (-25ºC)	bar	1.237	1.068	1.068
Presión Condensación (55ºC)	bar	13.66	14.92	14.92
Entalpia (-25ºC/32ºC)	kJ/kg	375	431	431
Entalpia (55ºC)	kJ/kg	254	279	279
Diferencia Entalpia	kJ/kg	121	152	152
B - Capacidad de Refrigeración (C1)	W	102	88	101
Flujo de Masa	kg/h	3.07	2.08	2.39
Temperatura Gas Saida Cilindro	ºC	133	123	
C - Temp. Entrrada Disp. Expansión	ºC	55	55	55
Volumen Específico	dm^3/kg	0.841	0.927	0.927
Flujo Volumétrico	dm^3/h	2.58	1.93	2.22
D - Entalpia Líquido (32ºC)	kJ/kg	231	244	
Diferencia Entalpia	kJ/kg	144	187	
Capacidad de Refrigeración (C2)	W	121	108	
Relación Capacidad (C2/C1)		1.19	1.23	

Tabla 1 - Comparación entre R 12 y R 134a

Como puede observarse en la sección A de la tabla 1, la diferencia de entalpia del R 134a es significativamente mayor que la del R 12. Así, un menor flujo de masa de R 134a es necesario para obtenerse una determinada capacidad de refrigeración.

En la sección B de la tabla 1 se observan menores temperaturas de descarga con R 134a evaluadas en mediciones experimentales. Se nota también una reducción en la capacidad de refrigeración del orden del 14,5% en el compresor EM 55NP con R 134a.

Las condiciones del refrigerante en la entrada del dispositivo de expansión están representadas en la sección C de la tabla 1. El flujo volumétrico de R 134a es cerca de 25% inferior al del R 12, cuando es utilizado el mismo compresor. Si un compresor de la misma capacidad de refrigeración fuese seleccionado, la reducción sería del orden del 14%, demostrando así la necesidad de aumentar la resistencia al escurrimiento del refrigerante en el tubo capilar.

La sección D de la tabla 1 muestra la influencia del subenfriamiento en la capacidad de refrigeración. Cuando la temperatura del líquido en la entrada del dispositivo de expansión es modificada de 55°C para 32°C, el R 134a presenta un aumento del 23% en la capacidad de refrigeración, contra 19% del R 12.

Como fue observado en la sección B, la capacidad de refrigeración de un compresor está, dependiendo de la temperatura de evaporación, fuertemente influenciada por la sustitución del R 12 por el R 134a. Tal influencia puede ser verificada, a través del efecto refrigerante volúmico (razón entre la diferencia de entalpia específica en el evaporador y el volumen específico del refrigerante en la succión del compresor). Cuanto mayor es el efecto refrigerante volúmico, mayor será la capacidad de refrigeración de un compresor con desplazamiento fijo.

La figura 2 muestra el comportamiento de este efecto para el R 134a, en relación al R 12, considerando diferentes temperaturas de evaporación.

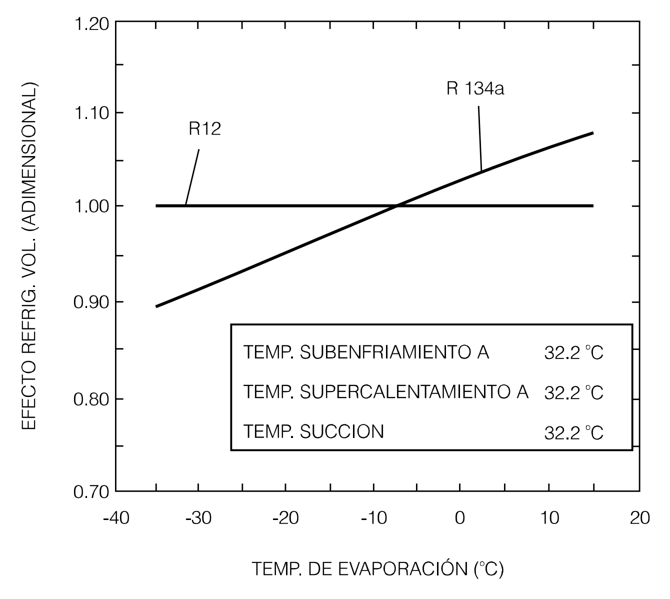


Fig. 2 - Efecto refrig. Volúmico x temperaturas de evaporación.

Como se puede apreciar en la figura 2, el R 134a presenta mayores capacidades de refrigeración (mayor efecto refrig. volúmico), en altas temperaturas de evaporación (condiciones HBP), y menores capacidades en bajas temperaturas (condiciones LBP).

3 - SELECCIÓN DE COMPRESORES PARA R 134a

Los compresores Embraco para R 134a, poseen los mismos desplazamientos volumétricos de los compresores R 12.

En condiciones LBP, como fue comentado anteriormente, se plantea reducción de la capacidad de refrigeración en términos generales entre 10-15%, dependiendo del desplazamiento del compresor. Compresores con menor desplazamiento volumétrico, son más sensibles al cambio del refrigerante.

Dependiendo de las características del proyecto de los sistemas de refrigeración, se puede utilizar un compresor para R 134a con el mismo desplazamiento volumétrico usado para R 12. Pero para obtener la misma capacidad de refrigeración, en condiciones LBP, es necesario seleccionar un compresor para R 134a con desplazamiento inmediatamente superior, a aquél utilizado para R 12.

4 - ACEITE LUBRICANTE

Una de las principales características deseables de un aceite lubricante para refrigeración, además de las que hacen su esencia, es la miscibilidad con el refrigerante. Tal característica garantiza la circulación del aceite en el sistema de refrigeración y su vuelta al compresor, sin producir ampollas de aceite dentro del evaporador y del condensador.

Los aceites minerales y sintéticos actualmente utilizados, son completamente miscibles con el R 12 en todas las fajas de temperatura y concentraciones. Ahora bien, debido a su alta polaridad, el R 134a es totalmente inmiscible con estos aceites, haciendo necesaria la utilización de nuevos tipos de lubricantes.

Así, fueron desarrollados especialmente para el uso con R 134a, los aceites sintéticos de alta polaridad, del tipo éster. Este tipo de aceite es miscible con el R 134a, pero la mezcla aceite éster/R 134a, no es tan miscible como la mezcla aceite mineral/R 12. Esta característica, asociada al comportamiento de la presión en función de la temperatura del R 134a, desplaza la curva característica del sistema de refrigeración para niveles más elevados, como lo muestra la figura 3.

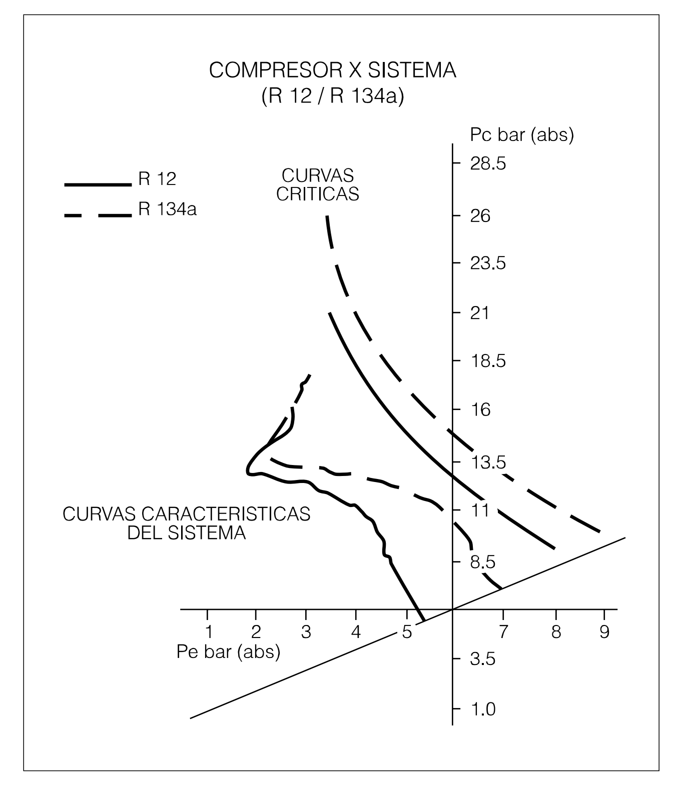


Fig. 3 - Curvas características del sistema x curvas críticas para un mismo sistema con R 12 y R 134a.

Como se puede observar en la figura 3, los compresores para R 134a trabajan bajo condiciones de sistemas más críticas, haciendo necesaria la instalación de motores

eléctricos más fuertes que, debido a los mayores torques, desplazan la curva crítica (máxima carga de operación del compresor) para niveles más elevados.

Se espera que los sistemas con R 12 que poseen presiones regulares igualadas no presenten problemas de arranque.

Una característica de gran importancia de los aceites éster, además de la miscibilidad con refrigerantes cuando son comparados con aceites minerales, está dada por la absorción de humedad (higroscopicidad), como lo muestra la figura 4.

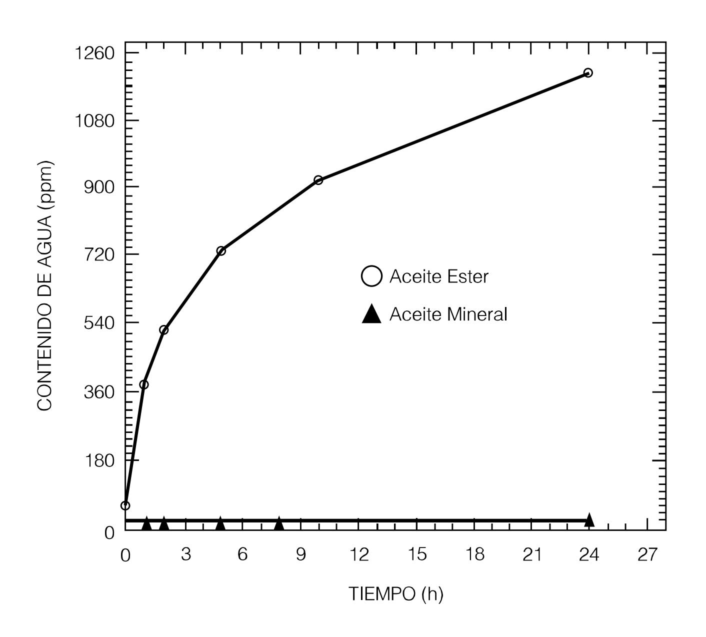


Fig. 4 - Absorción de humedad por los aceites éster y mineral en función del tiempo (becker abierto).

Se observa en la figura 4 que los aceites del tipo éster son mucho más higroscópicos que los aceites minerales. A pesar de la absorción de humedad por el aceite demorar más cuando éste se encuentra dentro de la carcasa del compresor, esta característica es preocupante en el instante en que la concentración de humedad en niveles muy elevados provoca la descomposición (hidrólisis) del tipo de aceite éster en ácido y alcohol.

La presencia de tales componentes químicos es altamente nociva a las partes de los compresores, incidiendo notablemente en la aislación de los hilos de cobre del motor, en los materiales aislantes usados en las ranuras del motor y en la bobina, tornándolos frágiles y, por lo tanto, conduciendo a la quema del motor.

A pesar de la mayor higroscopicidad de los aceites éster, las reglas aplicadas a compresores con tubos abiertos en la línea de montaje pueden no causar gran impacto en el proceso desde que se observen los siguientes parámetros:

1- Los componentes, incluso el compresor, no deben quedar abiertos por más de 15 minutos.

2 - El R 134a no podrá tener cualquier tipo de mezcla.

5 - SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN PARA R 134a

La sustitución del R 12 por el R 134a en sistemas herméticos de refrigeración, no se restringe pura y simplemente al cambio de refrigerante. Los componentes del sistema de refrigeración deben ser adecuados al uso del R 134a, conforme es descrito en la secuencia.

Es importante enfatizar que la limpieza del sistema es de extrema importancia para el uso del R 134a. Más detalles son descritos en el ítem 7.

5.1 - TUBULACIONES

Los materiales metálicos actualmente utilizados en los sistemas de refrigeración como acero, cobre, latón y aluminio, son totalmente compatibles con el R 134a.

Elastómeros como CAF, Nylon y Neopreno, son también adecuados para el uso con R 134a. Otros como caucho natural, Butyl y Vitons, forman ampollas y se hinchan en presencia del R 134a, no siendo, por lo tanto, recomendados.

5.2 - INTERCAMBIADORES DE CALOR

Los condensadores y evaporadores que no presentan problemas de funcionamiento en sistemas con R 12, pueden también ser utilizados en sistemas para R 134a.

La utilización de un condensador con mayor área, puede ser necesaria, si el compresor seleccionado para R 134a, debido al mayor desplazamiento volumétrico, posee una capacidad de refrigeración superior a la que el sistema fue inicialmente proyectado.

5.3 - TUBO CAPILAR

Resultados teóricos y experimentales como los presentados en la tabla 1, han demostrado que, debido a las diferentes condiciones de funcionamiento con R 134a, el tubo capilar en sistemas de refrigeración LBP deberá tener alteraciones, en el sentido de aumentar la resistencia al escurrimiento de refrigerante.

Si un compresor de la misma capacidad de refrigeración es seleccionado, tal modificación puede ser resumida como una reducción de 10-15% en el escurrimiento de nitrógeno para una presión de 10 bar en la entrada del tubo capilar.

5.4 - FILTRO SECADOR

Los secantes comúnmente utilizados en filtros secadores de sistemas para R 12, no son compatibles con el R 134a. Secantes similares al tipo XH7 o XH9 (3Å) son los recomendados.

La cantidad necesaria en los filtros secadores para R 134a es de cerca del 20% mayor. Este aumento se debe a la menor capacidad de absorción de agua del XH7/XH9 y al hecho de que el nivel de humedad en sistemas para R 134a puede ser más elevado, pues los aceites éster, como mostramos anteriormente, son altamente higroscópicos.

5.5 - CARGA DE REFRIGERANTE

Los mismos procedimientos empleados en la determinación de la carga de refrigerante en sistemas para R 12, deben ser utilizados para determinar la carga de R 134a.

En sistemas de refrigeración que no tienen alteraciones en sus componentes, la carga de R 134a podrá ser 5-10% menor.

6 - IMPACTO DE LA SUBSTITUCION DEL R 12 POR EL R 134a, EN LAS CONDICIONES DE OPERACIÓN DE UN SISTEMA DE REFRIGERACIÓN DOMÉSTICO

Cuando el R 12 es sustituido en un refrigerador doméstico por el R 134a, ciertas tendencias en el comportamiento de las presiones y temperaturas de funcionamiento del sistema se evidencian, como se lo muestran las figuras 5, 6, 7 y 8.

Conviene observar que en este ejemplo, las alteraciones en el refrigerador para el uso con R 134a se resumen a la utilización de un compresor para R 134a de misma capacidad de refrigeración, cambio de filtro secador XH7 y a una reducción del orden del 5% en la carga de refrigerante. El condensador, evaporador y tubo capilar no tuvieron modificaciones.

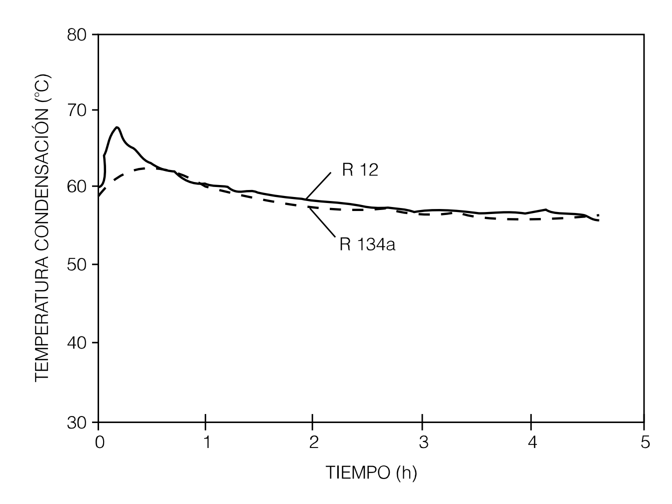


Fig. 5 - Comportamiento de la temperatura de condensación del sistema con R 12 y R 134a.

Como puede ser observado en la figura 5, la temperatura de condensación del sistema no tuvo alteraciones cuando el R 134a fue utilizado. Esto se debe al hecho de que en muchos aparatos domésticos de refrigeración, como el utilizado en este ejemplo, el intercambio de calor en el lado externo del condensador es preponderante, no siendo, de esta forma influenciado por el cambio del refrigerante.

Pero, como se lo exhibe la figura 6, la presión de condensación del sistema con R 134a es superior a la con R 12, hecho este previsible, considerando las mismas temperaturas de condensación para ambos refrigerantes (ver figura 1).

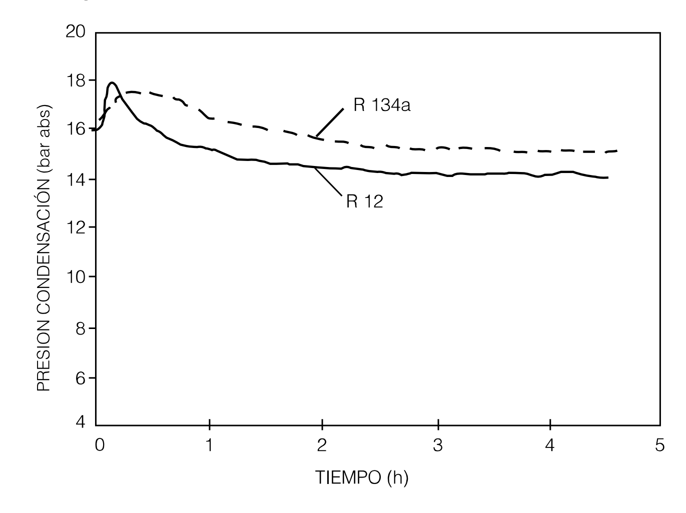


Fig. 6 - Comportamiento de la presión de condensación del sistema con R 12 y R 134a.

En las figuras 7 y 8 se observa que el sistema de refrigeración operando con R 134a presenta una elevación en la temperatura de evaporación, considerando en funcionamiento iguales presiones de evaporación. Así, queda más una vez evidenciado que para se obtener una misma temperatura de evaporación, el tubo capilar debe ser alterado en el sentido de aumentar la resistencia al escurrimiento de refrigerante, lo que implica menores presiones de evaporación.

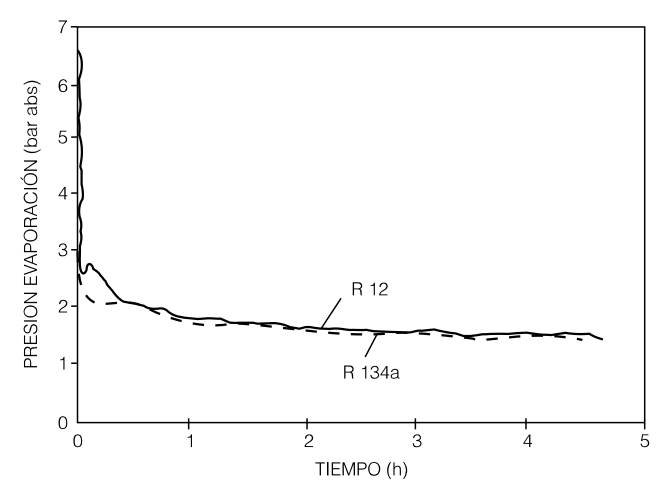


Fig. 7 - Comportamiento de la presión de evaporación del sistema con R 12 y R 134a.

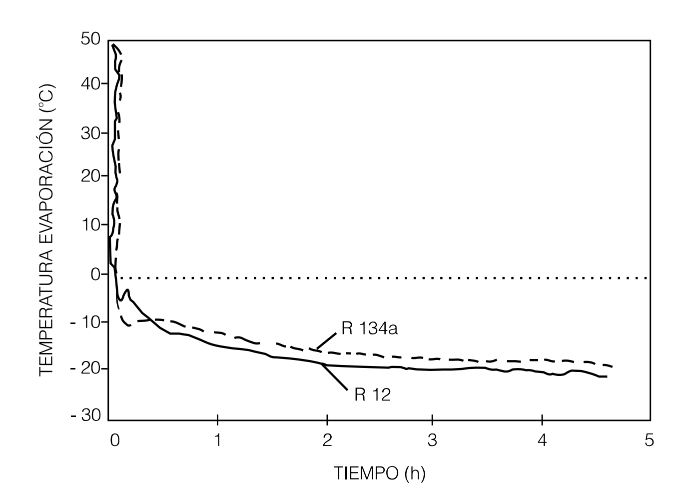


Fig. 8 - Comportamiento de la temperatura de evaporación del sistema con R 12 y R 134a.

7 - LIMPIEZA DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN PARA R 134a

Desde el inicio de la utilización de los CFCs en sistemas herméticos de refrigeración, se han adoptado cuidados especiales en lo que respecta a la limpieza de las superficies internas de los componentes, antes de ser dada la carga de refrigerante. Tales cuidados, tienden evitar la presencia de residuos de grasa y aceites, provenientes de los procesos de fabricación de los componentes del sistema de refrigeración.

La solubilidad con el refrigerante o aceite lubricante hace que estos residuos circulen a través del sistema, pudiendo ocasionar el bloqueo del flujo de refrigerante en el capilar.

Uno de los principales motivos es la baja solubilidad del R 134a y de los aceites éster con ceras, como la parafina encontrada en los conductores del motor eléctrico de los compresores com los aceites protectores usados en los componentes de compresores y con grasas y pastas utilizadas en el processo de fabricación de tubos evaporadores e condensadores.

El uso de compuestos fuertemente alcalinos, como los agentes protectores utilizados en la fabricación de los componentes de compresores, tambiém pueden provocar la obstrucción del capilar. Tales compuestos, reaccionan con el aceite éster, formando sales que se depositan en el tubo capilar.

Outros tipos de impurezas, como residuos clorados provenientes de procesos de limpieza de componentes deben ser evitados. Este tipo de residuo puede reaccionar con el aceite éster y formar ácidos del tipo HCl, HF que irán a corroer superficies metálicas, provocando el deterioro del secante y del aceite lubricante. También deben ser evitados residuos del aceite mineral, pues éstos reducen la miscibilidad del R 134a con el aceite éster, ocasionando problemas en el retorno de aceite al compresor.

Es esencial que todos los otros componentes del sistema de refrigeración estén completamente libres de estos tipos de residuos.

La experiencia adquirida en los últimos años, apoyando y siguiendo la de los mayores líderes mundiales de las industrias de refrigeración, demuestra que un cambio exitoso así como un proceso fabril relativamente simple pueden ser alcanzados.

La presencia de tales residuos (clorados, grasas o de aceite mineral), en los sistemas de refrigeración, anula la garantia de los compresores Embraco para R 134a.

Así debe enfatizarse que la limpieza del sistema de refrigeración, antes de ser dada la carga de refrigerante, es mucho más importante para los sistemas con R 134a que para aquellos con R 12.

Embraco consciente sobre estos problemas, desarolló alternativas y produce compresores para R 134a, completamente libres de este tipo de residuos.

8 - MONTAJE DE LOS SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN PARA R 134a

Aunque las recomendaciones más abajo enunciadas sean aplicables a cualquier tipo de gas refrigerante, el grado de sensibilidad de los sistemas con R 134a y aceites del tipo éster determina que las mismas sean cuidadosamente observadas:

8.1 - Acople apenas un único sistema a cada bomba de vacío.

8.2 - Haga el vacío en ambos lados del sistema con un nível de vacío inferior a 0,6 mbar.

8.3 - Instale la bomba de vacío en un nivel igual o inferior al del compresor.

8.4 - Utilice mangueras cortas siempre que sea posible.

8.5 - Mida el grado de vacío en el sistema y no en la bomba.

8.6 - Haga el vacío en la estación de carga de gas.

8.7 - Haga una prueba de detección de fuga preliminar en la estación de carga. No abastezca de gas en caso de ser constatada cualquier fuga.

8.8 - Limite el contenido de gases no condensables a 1%.

8.9 - Utilice el R 134a como agente de limpieza para el sistema.

8.10 - Los equipos de carga y evacuación deben ser reservados con exclusividad para el R 134a, para evitar la contaminación por residuos clorados.

8.11 - Los detectores de fuga con gases clorados, actualmente usados en sistemas de R 12, no son eficientes con R 134a. Este tipo de detector de fugas reacciona con el cloro, halógeno que no se encuentra en el R 134a. Por ello, se recomienda el uso de equipos con detectores, a base de helio, para rastrear fugas en las líneas de montaje de sistemas con R 134a. Para mantenimiento de sistemas en campo, hay detectores electrónicos de fugas compactos, disponibles en el mercado, compatibles con este gas refrigerante.

8.12 - A fin de evitar la entrada excesiva de humedad en el compresor, los tubos deben ser mantenidos tapados. Los tapones de goma sólo deberán ser removidos en el momento de la soldadura de los tubos del compresor al sistema (el máximo tiempo de apertura de los componentes del sistema debe ser inferior a 15 minutos).

Con base en la experiencia de la Embraco hasta la presente fecha, les recomendamos a nuestros clientes algunas orientaciones en cuanto a la utilización de sistemas con HFC 134a y aceites lubricantes tipo éster.
El objetivo de este informativo no fue aprobar o rechazar los procedimientos en curso, ni oferecer soluciones decisivas a no conformidades. Ahora bien, la intención de la Embraco es proveer atención y orientación con el objeto de alcanzar máximo desempeño y satisfacción del cliente.

Nota: Cuando retirados de un sistema de refrigeración, el compresor y sus accesorios no deben ser tirados al medio ambiente.
Los componentes deben ser reciclados conforme la clasificación de los materiales utilizados (ferrosos, no ferrosos, polímeros, aceites...).



Embraco hace parte del Pacto Global de las Naciones Unidas.